

# 魚類の鮮度保持条件に関する研究

-特に致死，保存，環境条件が魚類の鮮度に及ぼす影響-

## Studies on Preservation of Fish Freshness

-Effects of Killing Methods, Storage Temperatures and Rearing Conditions-

2007年 3月

長崎大学大学院生産科学研究科

岡本 昭

## 目 次

第 1 章 緒 言	1
第 2 章 長崎近海で漁獲されたマアジ筋肉の死後変化に及ぼす 保存温度と致死条件の影響	
2 - 1 緒 言	11
2 - 2 試料及び方法	12
2 - 2 - 1 材 料	
2 - 2 - 2 保存温度実験	
2 - 2 - 3 致死条件実験	
2 - 2 - 4 ATP 関連化合物の測定	
2 - 2 - 5 乳酸の測定	
2 - 2 - 6 破断強度の測定	
2 - 3 結 果	14
2 - 3 - 1 保存温度実験における死後変化	
2 - 3 - 2 致死条件実験における死後変化	
2 - 4 考 察	16
第 3 章 養殖イサキの死後変化に及ぼす刺殺条件と保存温度の 影響	
3 - 1 緒 言	30
3 - 2 試料および方法	31
3 - 2 - 1 材 料	
3 - 2 - 2 致死条件実験	
3 - 2 - 3 保存温度実験	

3 - 2 - 4	ATP 関連化合物の測定	
3 - 2 - 5	死後硬直の測定	
3 - 3	結 果	33
3 - 3 - 1	ATP 関連化合物の変化および死後硬直に及ぼす致死条件の影響	
3 - 3 - 2	ATP 関連化合物の変化および死後硬直に及ぼす保存温度と飼育温度の影響	
3 - 4	考 察	35
第 4 章 天然イサキの死後変化に及ぼす保存温度の影響		
4 - 1	緒 言	47
4 - 2	試料および方法	48
4 - 2 - 1	材 料	
4 - 2 - 2	保存温度実験	
4 - 2 - 3	ATP 関連化合物, グリコーゲンおよび乳酸量の測定	
4 - 2 - 4	死後硬直の測定	
4 - 2 - 5	統計処理	
4 - 3	結 果	49
4 - 4	考 察	52
第 5 章 総合考察		
		64
謝 辞		
		74

参考文献

75

要約

88

## 第1章 緒言

我が国における生鮮魚介類（冷凍を含む）の国民1人・1年当たり供給純食料は昭和40年に28.1kgであったものが平成13年40.2kgとピークを迎え、以降、平成16年は34.5kgとやや減少傾向にあるが、近年はほぼ横ばい状態もしくは長期的に見れば増大の傾向にある。<sup>1)</sup>

一方、国内の海面の漁業生産量は平成6年6,590千トンから平成16年には4,455トンに減少し、養殖業生産量は平成6年1,344千トンから平成16年1,215千トンに減少している。同様に生産額は海面漁業で15,819億円（平成6年）から10,655億円（平成16年）、養殖業では6,270億円（平成6年）から4,343億円（平成16年）へと減少している。<sup>2,3)</sup>また、この間において、全般的に魚価の向上は認められない。

国内の漁業生産量が減少した分の供給は、食用魚介類の輸入量が平成6年3,776千トンから平成16年には4,103トンへ増加しているように輸入によって補われている。<sup>4)</sup>しかし、1人・1年当たりの供給純食料量がほぼ一定もしくは長期的には増大傾向にあるのに対して、生鮮魚介類の1人・1年当たり購入量は昭和40年頃には16kg前後であったものが、その後緩やかに減少を続け、平成16年には12.8kgにまで低下して逆の傾向を示している。<sup>5)</sup>

これらのことから、近年、食生活の大きな変化とその背景として水産物流通の構造が大きく変化し、流通ルートが多様化している<sup>6)</sup>などの事情がうかがえる。

例えば食生活の変化については、水産物が外食や中食など調理食

品として摂取されることが増え、食材として消費者に直接、購入される水産物が減少したことや生鮮魚介の購入する上で調理しやすく、不可食部が除去された形態で販売・購入されるようになったことがあげられる。<sup>6)</sup>

農林水産省の食料品消費モニター調査（平成15年度第3回）<sup>7)</sup>によれば、消費者が食料品を購入する際に注意する点は、生鮮3品について「鮮度や品いたみの程度」が2位以下を大きく引き離してどの年齢階層でも多数であり、特に鮮魚について年齢別にみると、20歳代を除き、「新鮮」が1位、「品質」が2位となっている。

筆者ら<sup>8)</sup>が実施した「水産物の安全・安心に関するアンケート」（平成17年）では、日頃の買い物で水産物を買うときに気になることとして、「鮮度」、「価格」、「国産か輸入か」の順で高く、先の調査と同様な結果であるが、不安を感じる水産物として「輸入品」が最も高かった。この傾向は北海道<sup>9)</sup>の実施した「道産水産物トレーサビリティ導入検討予備調査事業」（平成15年）でも「鮮度」や「産地」について意識が高い点において同様であった。また、「輸入品」には消費者の多くが何らかの不安を感じつつも、輸入量の増大や魚市場を経由する水産物の減少など流通ルートは多様化している。

前述したように消費者が水産物を購入するときのポイントは「鮮度や品質」であるものの、鮮魚を購入する際、最もよく利用されているのはスーパーマーケットで、その理由は利便性がいいことがあげられている。<sup>4)</sup> そのスーパーマーケットは、大型店舗を多数有し、一度に大量の商品を計画的に仕入れるため、冷凍品、加工品などの「輸入品」が中心となる傾向があり、消費者の意識と行動には差異

がみられる。スーパーマーケットと集荷，分荷，価格形成，決済の機能を有する産地および消費地の魚市場とは流通システム上の対応が困難であり，市場経由率が低下し直接取引や相対取引が上昇することになる。

産地の生産者側からみると，消費者ニーズが鮮度，利便性，そして低価格と多岐にわたっていることや，鮮度や安全性に疑問を持ちながらも大口需要者が求める輸入水産物との競争の中で産地による販売力強化が必要となっている。このため各地ではブランド化や新たな販路開拓を図るなど付加価値を高めるための取り組みが開始されている。水産業の経営の安定と発展を図るためには，鮮度や多様性・季節性といった国産水産物の持つ特長を活かして，変化する消費者ニーズにどのように応えていくかが課題となっている。<sup>4)</sup>

これらの取り組みとして，長崎県内では活魚，鮮魚及び水産加工品のブランドの確立について取り組みが行われている。<sup>10,11)</sup>水産物の商標登録は大分県の「関アジ」「関サバ」<sup>12)</sup>を代表としているが，長崎県内には18魚種の商標登録が行われている。その中でもマアジについては「ごんあじ」「野母んあじ」「旬あじ」「てっぺんあじ」の4種が登録されている。マアジは長崎県で平成16年に61,205トンの生産があり全国漁獲量の約22%を長崎県が占めている。<sup>13)</sup>マアジは温暖性の回遊魚で日本周辺に広く分布しており，長崎県周辺海域も主漁場の1つになっている。大中型まき網，中・小型まき網の他，大型定置網，小型定置網，刺網や一本釣りなど様々な漁法で漁獲されている。<sup>14)</sup>

商標登録された「ごんあじ」は漁場である長崎県五島灘と体色の黄金色を由来として命名されたものである。対象魚は五島灘の瀬付

きのマアジをまき網で漁獲したもので体の背部が黄色みを帯びた緑色で腹部にかけて黄金色に輝く250g以上のマアジを用いている。体脂肪含有量が高く、1週間ほど餌を与えずに畜養することで身が締まり、黄色みが強くなるとされている。<sup>15)</sup>「野母んあじ」は野母崎沖において一本釣りで漁獲された全長26cm以上、体重が300～500gの瀬付きのマアジである。<sup>15)</sup>「旬あじ」は五島・対馬海域で4月～8月に大中型まき網によって漁獲された100g以上のマアジである。<sup>15)</sup>また、「てっぺんあじ」は対馬周辺海域において小型まき網で漁獲されたマアジであるという特徴を有し各地で差別化のための取り組みがなされている。

イサキは主に本州中部以南から東シナ海にかけて分布し、一本釣り、吾智網、定置網、刺網等で漁獲される重要な魚種である。<sup>16)</sup>長崎県では平成16年に1,919トンが漁獲されており、全国の漁獲量の33%を占める長崎県においては非常に重要な魚種である。イサキは小値賀漁協が「値賀咲」という名称で登録している。「値賀咲」は小値賀島周辺で一本釣りで漁獲された250g以上のイサキとして扱われている。

いわゆるブランド魚は多くの場合、生鮮水産物であり、地域の漁業協同組合がブランド化として取り組んでいる。<sup>17,18)</sup>この背景は生産者がマーケティング志向への興味を持ち、付加価値を付けて販売する必要が生じるようになってきたことと消費者、市場への対応の必要性という側面がある。また近年では、消費者が「食の安全・安心」への関心の高まり<sup>19)</sup>とともに、品質の保証、HACCP<sup>20,21)</sup>認定の取得等より衛生的な環境での生産、生産履歴や流通履歴の開示、手法としてのトレーサビリティ・システムの導入<sup>22,23)</sup>などの必要性が



うたわれている。このような中で食に対する現在のトレンドとして、生産者が保証する取り組みは時節に合致したものだと考えられる。

中でも魚類の品質と鮮度の問題は、これまで述べてきたように生産魚介類の価値を決定づける水産物流通における最大の問題であり、生鮮魚介類の鮮度を保持することは、品質管理や安全性へ寄与し、付加価値の向上のみならず、トレーサビリティの導入や食の安全・安心を促進することとなる。

本研究はこのような背景の中、魚類の品質向上のための鮮度保持技術の開発の観点から実施したものである。

さて、魚類の品質は鮮度と密接な関係にあり、これまで魚類の鮮度にかかる研究がなされてきた。その中で多くの鮮度判定法が考案され、鮮度指標とされてきた。<sup>24,25)</sup>

かつて広く採用されていた鮮度判定法は生菌数測定や VB-N や TMA-N のように魚類の鮮度は細菌作用によって低下するという発想であった。しかし、漁業、流通現場における評価は、鰓の色、眼球の混濁等を用いており、魚そのものの質的な変化を経験的に適応しているものであった。これらの判定は多く使用されているにもかかわらず経験に基づくものであり、食に関する社会情勢から鮮度の規範は変化していく。例えば 1950 年代の水産物流通における食品の鮮度の基準は食品として食べられるかどうか<sup>26)</sup>ということを判断する程度である。これらの判定は現在の商品価値基準である「活きのよさ」の客観的指標になりにくい。現在、科学的な鮮度判定法としては、破断強度や弾性等の物理的方法、ドリップ量や遊離アミノ酸量、K 値等があげられる。Saito ら<sup>27)</sup>が提唱した下記に示す K

値は、官能的な「活きのよさ」と良い相関を示す客観的指標として、水産分野において実用性を有し多くの研究に利用されている。

$$K \text{ 値} (\%) = (\text{HxR} + \text{Hx}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}) \times 100$$

(以下、ATP：アデノシン三リン酸、ADP：アデノシン二リン酸、AMP：アデノシン一リン酸、IMP：イノシン酸、HxR：イノシン、Hx：ヒポキサンチン酸)

現在、K値の測定法としてはイオン交換クロマトグラフ法<sup>28)</sup>、高速液体クロマトグラフ法<sup>29)</sup>、バイオセンサ法<sup>30)</sup>、酵素比色法<sup>31,32)</sup>が用いられている。一般に魚類の場合、K値が20%までは生、即ち刺身として食することができ、20-40%は鮮度良好、40-60%は加熱、調理すれば食することができ、60%以上は腐敗とされている。<sup>33)</sup>しかし、無脊椎動物筋肉の場合はK値が当てはまらない例もある。例えばイカ類の場合K値の上昇が速やかで官能検査と合致せず、鮮度判定指標として適していない。Ohashiら<sup>34)</sup>はスルメイカをYokoyamaら<sup>35)</sup>はヤリイカを対象としてK値の式を変換し、Hx比、Xt(キサンチン)比、Hx/AMP比を提唱した。これらの式はイカ類の貯蔵中にほぼ直線的に増加がみられ、また、官能検査ともよく一致しており、長崎県の特産種であるアオリイカについても適応できる。\* また、他の甲殻類についても品質評価の試みがなされており、クルマエビ<sup>36)</sup>、マダコ<sup>37)</sup>、ホタテガイ<sup>38)</sup>、マガキ<sup>39)</sup>、クロアワビ<sup>40)</sup>等で化学的な指標が提唱されている。

死後の筋肉に観察される初期変化のうち、最も顕著なもの1つ

---

\* (未発表資料)

に死後硬直がある。死後硬直とは物理的には、筋肉が伸展性あるいは弾性を失って硬直性を示す現象である。<sup>41)</sup> 魚類については死後変化が一般に早く、魚種、個体間の取り扱いによって著しく値が異なるが、魚類の死後硬直に関する初期の報告は野口<sup>42)</sup>によってなされている。その後、尾藤ら<sup>43)</sup>が魚の死後硬直測定法についてCuttingの方法<sup>44)</sup>を改良して提案し、現在、この測定法が広く利用されている。これを用いて岩本ら<sup>45)</sup>はマダイを用いて死後硬直と貯蔵温度の関係について述べた。これはマダイの場合10℃貯蔵の方が0℃貯蔵よりもATPの減少が緩慢で死後硬直が遅延するという報告である。この報告以前にも死後硬直に及ぼす貯蔵温度の影響について調査された研究があり、やや高い温度に貯蔵したほうの死後硬直が遅れるという報告<sup>46)</sup>もあるものの岩本らの報告を契機として多くの魚類について死後硬直の進行速度が述べられた。

死後硬直と貯蔵温度の関係について岩本らはヒラメ、<sup>47)</sup>ハマチ、<sup>48)</sup>マゴチ、<sup>48)</sup>イシダイ、<sup>48)</sup>Iwamotoらはカレイ、<sup>49)</sup>Watabeらはマイワシ、<sup>50)</sup>マサバ、<sup>50)</sup>について、岡ら<sup>51)</sup>は養殖ブリについて報告している。また、死後硬直の進行に及ぼす影響については貯蔵温度の他、致死条件、飼育条件などからいくつかの研究が行われた。

望月らはマアジ、<sup>52-54)</sup>マサバ、<sup>55,56)</sup>マルアジ<sup>56)</sup>を用いて温度ショック、首折り、脱血など致死条件による死後変化の影響について報告した。その結果、苦悶や温度ショックによって致死させた場合に比較して、即殺や脱血することは魚の死後硬直の進行やエネルギー関連物質の変化を遅らせることができることを報告した。また、門上<sup>57)</sup>は養殖魚の新しい鮮度保持技術として一過的な低温ショックで魚を安楽死させることで死後硬直が遅延する魚の活けしめ方

法を提案している。

寺山<sup>58-60)</sup>は活けしめ脱血処理を行うことでカツオ筋肉の pH 低下を抑え、メトミオグロビンの生成を遅延でき、肉色の保持ができるとし、実際に漁獲直後のカツオ、カンパチ、ハマチを活けしめ脱血して、漁獲物の付加価値向上及び消費拡大を図ることを目的に、紡錘形魚の活けしめ脱血装置を開発しその品質向上を認めた。

Ando ら<sup>61)</sup>は新しい致死法として脊髄破壊を取り上げ、ブリ、マダイ、ヒラメを用いて検討した。その結果、ブリ、マダイは硬直の遅延が認められたもののヒラメは硬直の遅延が認められなかったことを報告した。

Nakayama ら<sup>62,63)</sup>はマダイについて脊髄破壊が死後硬直遅延の影響があることを認め、pH が高水準を維持しプロテアーゼの活性が抑制されたためと推察している。

飼育温度については Tsuchimoto ら、<sup>64)</sup>Abe ら、<sup>65)</sup>Watabe ら、<sup>66)</sup>Hwang ら<sup>67)</sup>によって死後変化に生息温度が影響することが報告されている。

このような死後硬直のメカニズムについて渡部ら<sup>68)</sup>は硬直の進行と ATP の分解速度の温度依存性を次のように説明している。筋肉細胞中の筋小胞体の  $\text{Ca}^{2+}$  取り込み能は 10℃ や 20℃ に比較して 0℃ では極端に低かった。筋原繊維の ATPase 活性は筋形質中の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度の変化により調節され、この  $\text{Ca}^{2+}$  濃度は筋原繊維を取り巻く筋小胞体によって制御される。致死直後の魚の筋肉が弛緩状態にあり、魚体温が 0℃ であるとすれば筋小胞体の  $\text{Ca}^{2+}$  取り込み能も低下して、筋形質中の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度が高まる。その結果として筋原繊維  $\text{Mg}^{2+}$ -ATPase 活性が賦活されて ATP の消費を促進するという機構

である。これは基本的には畜肉の低温短縮現象 (cold shortening) として同様の想定がなされている。<sup>69-71)</sup>

一方、植本らは養殖魚の運動飼育が死後変化に及ぼす影響<sup>72)</sup>を述べるとともに組織学的な見地から死後硬直のメカニズムを検討している。Leeら<sup>73,74)</sup>は養殖マダイと養殖ヒラメにおける死後硬直進行の差異の原因を明らかにするため、筋収縮の経時変化を比較測定した。また、Wangら<sup>75)</sup>は天然および養殖マダイのアクトミオシンの性質を比較し、アクトミオシンの超沈殿反応の差が死後硬直の差であるとした。

また、Yadaら<sup>76-79)</sup>は魚類の鮮度指標となるK値について、その上昇への影響をとくに魚類普通筋に存在するピンク筋に着目して検討している。魚類背部普通筋へのピンク筋の介在が、死後のK値変化に及ぼす影響を検討し、筋タイプの違いによるK値変化は、赤筋、ピンク筋、白筋の順位で速かったことから、背部普通筋へのピンク筋の介在はK値変化を速めることがわかった。

このように魚類の死後変化のメカニズムについてはおおよそ明確になってきた。今後はこれらを水産流通の現場でどのように展開していくかの段階に入っており、魚種ごとの商品形態に応じた詳細な検討が必要になっている。品質の影響要因に関してはTsuchimotoら<sup>80)</sup>の筋タイプ別の酵素活性や渡部ら<sup>81)</sup>のミトコンドリアの生物活性などが報告され、新しい品質評価法としては近赤外分光法<sup>82,83)</sup>やK値指標に基づく生鮮魚類の温度管理システムが開発<sup>84)</sup>されている。また、具体的な品質保持技術開発としては漁獲物の安静のための蓄養<sup>85)</sup>や漁獲段階での冷却<sup>86)</sup>が行われている。

さらに近年はブランド魚への展開や食の安全・安心という観点か

ら、より高鮮度で高品質の水産物の生産技術が求められており、どのような魚種がどのように漁獲され、取り扱われ、流通されたかを具体的に示す必要がある。

このような観点から本研究においては、長崎県の代表的な魚種であるマアジを対象として、死後変化に及ぼす保存温度と致死条件について把握し死後変化に関する特徴を述べた。(第2章)次に、飼育温度の違いで魚の死後変化に及ぼす保存温度と致死方法の影響の差異を把握するため、養殖魚であるイサキを対象とし、死後変化に関する特徴を述べた。(第3章)さらに天然イサキの死後変化について検討し、天然イサキと養殖イサキの差異を述べた。(第4章)これらを総括してブランド魚として付加価値を向上させるための鮮度保持技術の在り方について考察した。